

トンネル無人計測システム (Tunnel RemOS-Meas.)の開発

瀬瀬 善孝* 山下 雅之**
 Yoshitaka Koketsu Masayuki Yamashita

1. はじめに

建設現場では人口減少に伴う働き手不足や技術の伝承をはじめとした労働生産性向上に関する喫緊の課題を抱えており、特に狭隘な空間の中で複数の特殊重機による作業が必要な山岳トンネル工事においては、無人化・自動化技術の開発は欠かせないと考えられる。このような背景より、技術研究所ではトンネル施工の無人化(遠隔操作)・自動化に関する要素技術の開発を進めており、今回は計測作業を無人化するための『Tunnel RemOS-Meas.¹⁾(トンネルリモスメジャー)』を開発した。

2. 山岳トンネル遠隔施工システム『Tunnel RemOS』

当社では、今後の取り組みのひとつに「施工の自動化に向けた技術導入・技術開発、自律化(AI)施工技術開発」を掲げている。その一環として各機械・設備の機体移動(走行)、機体動作(作業)、計測・ガイダンスを遠隔や自動で行うための技術開発を進めており、2027年度までの坑内主要作業の無人化施工の実用化を目指している。これらの技術を『Tunnel RemOS²⁾(Tunnel Remote Operation System, トンネルリモス)』と総称しており(図-1)、本技術を活用して複数のトンネル現場の特殊重機を一拠点から遠隔操作することで、大幅な生産性向上が期待される。

3. トンネル無人計測システム『Tunnel RemOS-Meas.』

開発したシステムの概略を図-2に示す。本システムは遠隔操作による切羽近傍の計測作業の無人化を目的としており、計測台車と遠隔操作システムにより構成される。本システムを用いることで、計測作業を目的として大型重機の稼働する切羽近傍へ立ち入る必要がなくなり、安全性の向上が期待される。また、将来的には複数現場の計測作業を一拠点から管理することにより、生産性の向上が期待される。

(1) 計測台車

計測台車に任意の計測機器を搭載して、切羽までの走行や切羽近傍の計測作業を遠隔操作で行う。機体の大きさは幅100cm×長さ115cm×高さ150cm程度、移動手段はクローラであり、坑内重機との離合、狭隘な箇所や不整地での走行・旋回が可能であるため、掘削サイクルの合間に迅速に計測作業を行うことができる。また、計測機器の設置スペースを昇降リフトにすることで、適切な高さでの計測を可能にしている(図-3)。動力源をリチウムイオンバッテリーとすることで連続稼働時間、坑内環境、機体重量に配慮しており、坑内に設置した充電基地で充電を行う。計測機器に加えて、周囲確認用カメラやラインスキャナ、表示灯、ブザー等の、周囲への注意喚起や緊急停止のための安全装置も搭載されている。

(2) 遠隔操作システム

切羽から100m程度離れた位置に配置した遠隔操作室内のモニタ画面を観ながら、計測台車の走行や計測作業を無線制御する(図-4)。また、タブレット端末をリモコンとして遠隔操作することも可能である(図-5)。今後Tunnel RemOSの構築が進んだ際には坑外から遠隔操作することも考えられる。

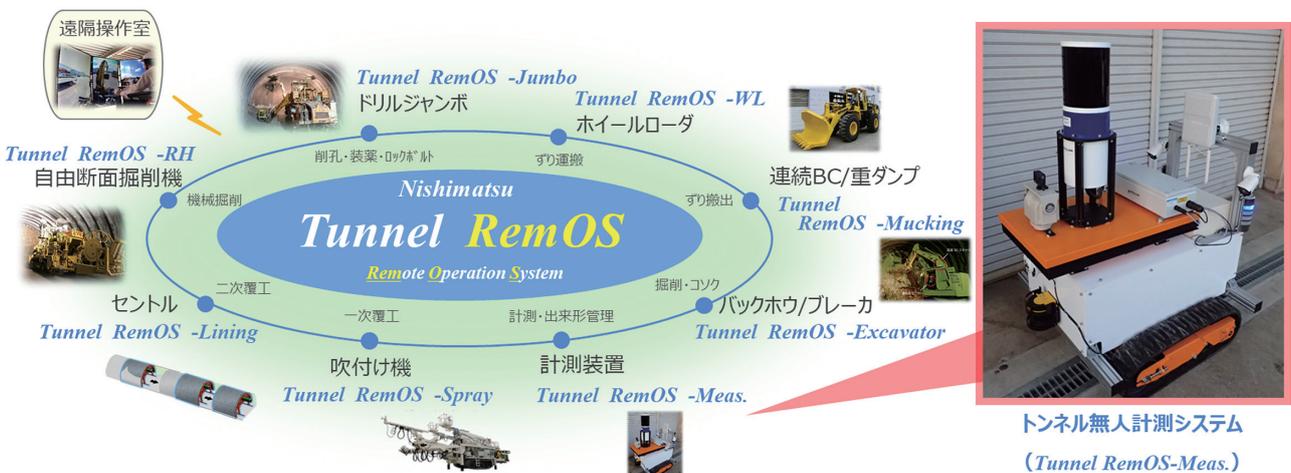


図-1 『Tunnel RemOS』における『Tunnel RemOS-Meas.』の位置付け

* 技術研究所土木技術グループ ** 技術研究所

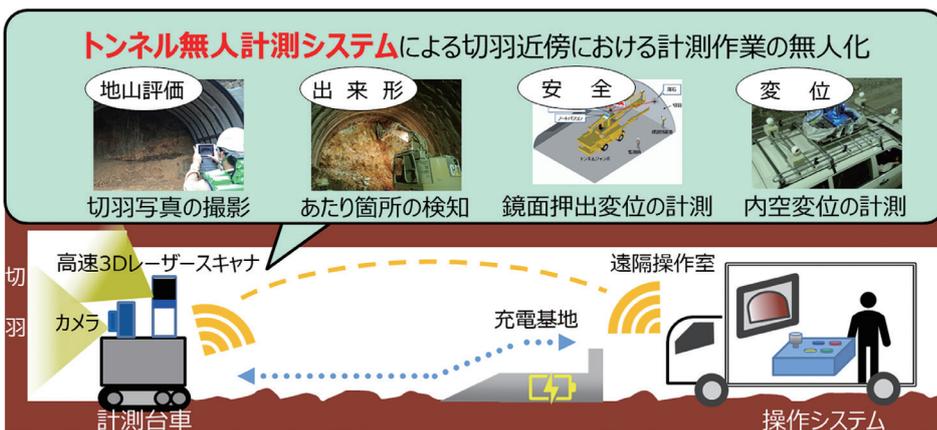


図-2 トンネル無人計測システム (Tunnel RemOS-Meas.) の構想



図-3 昇降リフト



図-4 遠隔操作室からの遠隔操作状況

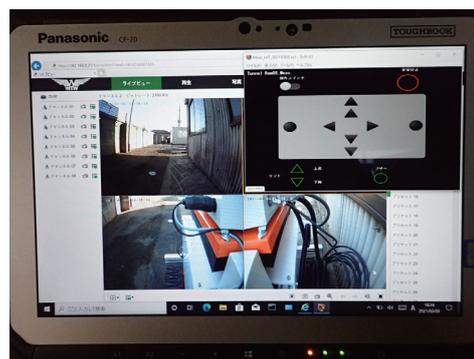


図-5 タブレット端末をリモコンとして用いる場合の操作画面

4. 本システムで運用する計測作業

現段階ではカメラや高速 3D レーザースキャナ（以下、スキャナ）を搭載することによって以下の計測技術の運用を予定している。

(1) AI 切羽評価システム

AI 切羽評価システム³⁾は、切羽写真を用いて切羽観察簿の各評価項目を AI で自動判定するシステムである。本システムに搭載したカメラを用いることで、肌落ち災害等の危険性がある切羽へ職員が直接立ち入ることなく切羽写真を撮影することが可能となる。

(2) 切羽掘削形状モニタリングシステム

切羽掘削形状モニタリングシステム⁴⁾は、あたり取り作業中にスキャナで取得された切羽掘削形状の点群データを設計断面と比較し、あたり取りの必要箇所を迅速に可視化するシステムである。スキャナを本システムに搭載することによって、ブームによる死角の減少やスキャナに伝わる振動の軽減が見込まれる。

(3) 車載式トンネル 3D スキャニングシステム

車載式トンネル 3D スキャニングシステム⁵⁾は、スキャナやプリズム内蔵型基準球等の計測機器一式を計測車に搭載することで、計測車の移動・停止直後に内空変位の計測を行うことが可能なシステムである。スキャナを三脚で設置する従来方式と比較して、準備や片付けを含む計測時間の短縮が見込まれる。

5. おわりに

今回、山岳トンネルの計測作業の無人化を目的としてトンネル無人計測システム (Tunnel RemOS-Meas.) を開発した。今後は、本システムを施工中のトンネル現場へ導入して改良を進めるとともに、Tunnel RemOS の他技術の開発も進めることで山岳トンネル施工の無人化を進めていく。

参考文献

- 1) 瀨瀬善孝, 山下雅之, 山本悟, 塚田純一: トンネル無人計測システム (Tunnel RemOS-Meas.) の開発, 第 76 回土木学会年次学術講演会, VI-919, 2021.
- 2) 山下雅之, 山本悟, 田口毅: 山岳トンネルにおける無人化施工への取組み 施工機械の遠隔操作システムの実用化を目指して, 土木施工, Vol.62, No.1, pp.135-139, 2021.
- 3) 三井善孝, 山下雅之, 山本悟, 園田香織: 山岳トンネルにおける AI を活用した切羽評価システムの開発, 第 75 回土木学会年次学術講演会, VI-664, 2020.
- 4) 山本悟, 三井善孝, 高橋将史: 切羽掘削形状モニタリングシステムの開発, 第 74 回土木学会年次学術講演会, VI-281, 2019.
- 5) 山本悟, 三井善孝, 宮原宏史: 車載式トンネル 3D スキャニングシステムの開発, 第 73 回土木学会年次学術講演会, VI-052, 2018.